

Наименование показателя	Значение показателя	
	С покрытием	Без покрытия
1	2	3
		счистке
5. Масса образцов, Н	9,3	9,8
6. Прочность покрытия	Без изменения	–
7. Эластичность	Без изменения	–

Выводы по результатам испытаний:

- Покрытие выполняет антигололедные функции применительно к проводам контактной сети и ЛЭП;
- Покрытие обладает высокой прочностью и легкостью;
- Покрытие отлично сцепляется с проводами;
- Покрытие просто в нанесении на провода (ручным способом);
- Покрытие является эластичным.

Методика борьбы с гололедом на проводах контактной сети и линиях электропередач, изложенная в данной статье, поможет избежать больших экономических потерь от гололедного воздействия. В последующем планируется провести ряд испытаний на реальных полигонах железных дорог и ЛЭП.

Литература

1. Порцелан А. А., Павлов И. В., Неганов А. А. Борьба с гололедом на электрифицированных железных дорогах. – М.: Транспорт, 1970. – 152 с.
2. Михеев В.П. Контактные сети и линии электропередачи: – М.: Маршрут, 2003. – 416 с.

Ковалев А.А., Исаков Н.А.

ГОУ ВПО «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ЗАЖИМОВ ПРОВОДОВ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

На сегодняшний день железная дорога является одним из самых востребованных видов транспорта на территории Российской Федерации. В

связи с этим все чаще поднимаются вопросы об увеличении скоростей движения и надежности, уменьшении количества отказов узлов контактной сети [1].

Существуют два способа улучшения натяжения контактного провода – это уменьшение длин пролетов и применение компенсирующих устройств. Уменьшение длин пролетов ведет к значительному удорожанию стоимости контактной сети, в отличие от компенсирующих устройств, которые дают необходимое качество натяжения и относительно недороги в эксплуатации.

Основное требование к контактным подвескам, рассчитанным на высокие скорости движения электроподвижного состава (ЭПС) – большее постоянство ее эластичности в пролете [2]. Идеальная ситуация – эластичность во всех точках пролета одинакова, то есть коэффициент непостоянства эластичности, представляющий собой отношение значения эластичности в середине пролета η_c к значению у опоры $\eta_{оп}$, равен единице:

$$k_{эл} = \eta_c / \eta_{оп} = 1$$

Эластичность одинарной контактной подвески в середине пролета пропорциональна длине пролета l и обратно пропорциональна сумме натяжений всех проводов, образующих контактную подвеску [3].

На рисунке 1 представлена зависимость эластичности в пролете с рессорным и без рессорного троса.

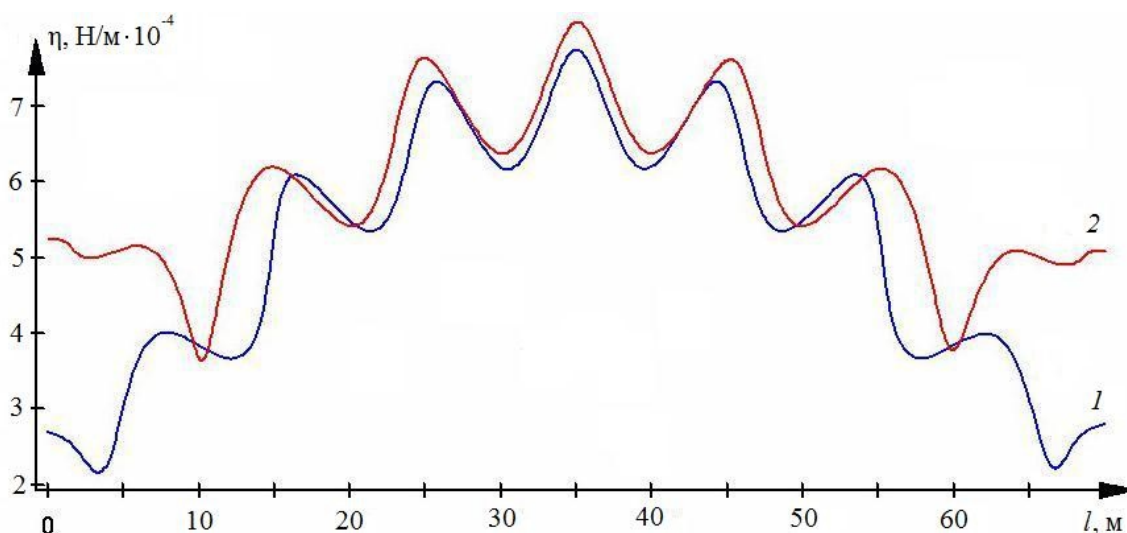


Рис. 1. Зависимость эластичности в пролете: 1 – без рессорного троса; 2 – с рессорным тросом

Эластичность с использованием рессорного троса у опоры (подрессорной струной) зависит главным образом от натяжений несущего троса и контактного провода, а также от длины $2a$ рессорного провода, длины пролета l и расстояния s между опорой и ближайшей к ней простой струной (рис. 2).

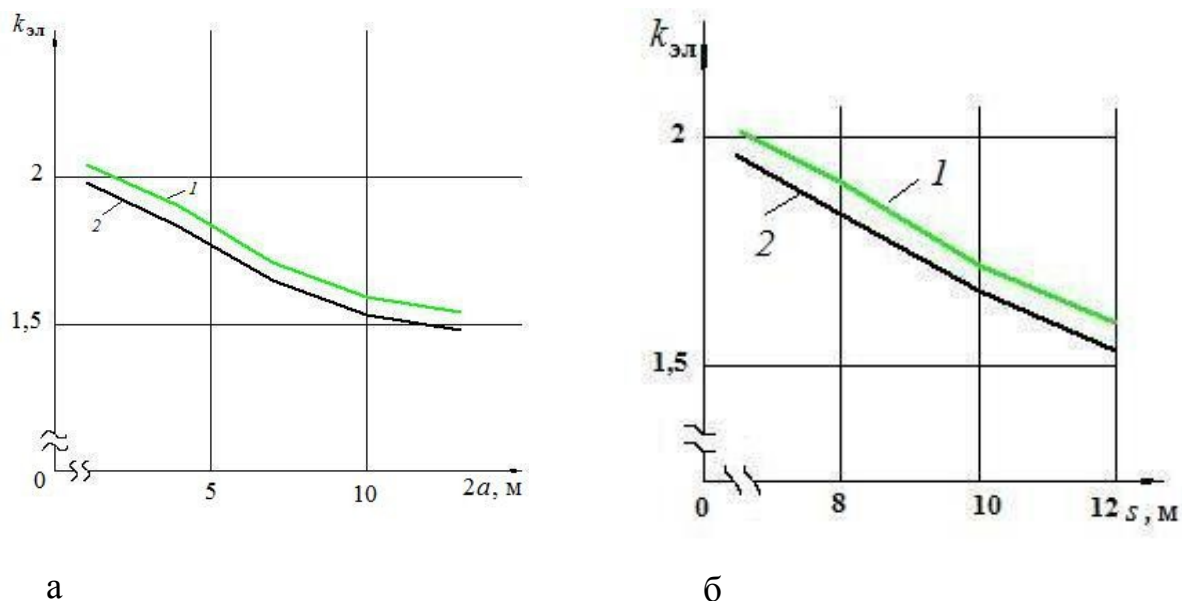


Рис. 2. Зависимости коэффициента непостоянства эластичности $k_{эл}$ для контактных подвесок переменного тока 1 и постоянного тока 2: а – от длины рессорного провода; б – от расстояния s между опорой и ближайшей к ней простой струной

У подавляющего большинства контактных подвесок, спроектированных для невысоких скоростей движения, эластичность в середине пролета намного выше, чем у опор. Поэтому при разработке подвесок для более высоких скоростей задача по выравниванию эластичности в пролете сводится к понижению ее в средней части пролета или к повышению у опор.

Возможности первого способа меньше, чем второго, поскольку уменьшение длины пролета неэкономично, а резерв повышения натяжения тросов и проводов, из которых выполнены контактные подвески, невелик. Лишь применение низколегированных и бронзовых контактных проводов позволяет несколько повысить суммарное натяжение подвески. Однако последующее уменьшение натяжения контактных проводов, которое осуществляется эксплуатационным персоналом по мере износа контактного провода, приводит к обратному эффекту – повышению эластичности в середине пролета.

Выравнивание эластичности в пролете повышением ее в опорной зоне – более правильный путь, чем снижение ее в средней части пролета потому, что высокая эластичность подвески позволяет легче обеспечить необходимое

качество токосъема при эксплуатационных отклонениях от оптимального режима, чем низкое ее значение.

Наиболее эффективный и экономичный способ повышения эластичности в зонах опор – увеличение длины рессорного провода $2a$ и расстояния s между опорой и ближайшей к ней простой струной (рис. 2).

Сокращение длины пролета l , полезное для уменьшения эластичности в середине пролета, отрицательно проявляется в опорной зоне, так как тоже несколько понижает здесь и без того низкую эластичность.

Необходимо сказать, что при изменении температуры окружающего воздуха натяжение несущего троса в полукompенсированных подвесках изменяется, не остается постоянным и натяжение рессорного провода. В результате происходит сезонное изменение эластичности. Так, в полукompенсированной рессорной подвеске с двумя контактными проводами перепад температуры воздуха в диапазоне от -40 до $+40$ °C приводит к росту эластичности в середине пролета почти в 1,5 раза, а в подвеске с одним проводом – в 1,7 раза.

Проведенные испытания и опыт эксплуатации показали, что хороший токосъем при скоростях движения ЭПС 200 и 250 км/ч обеспечивается, когда коэффициент непостоянства эластичности $k_{эл}$ в пролетах до 70 м не превышает соответственно 1,35 и 1,2 [4]. Примером подвески, имеющей одинаковую эластичность во всех частях пролета, то есть $k_{эл} = 1$, является созданная в СССР рычажная компенсированная контактная подвеска, эксплуатация которой на ряде дорог началась в 1973 г.

На качество токосъема при рессорных контактных подвесках с неодинаковой в различных частях пролета эластичностью, кроме характера изменения эластичности, существенно влияет стрела провеса контактного провода f . Многочисленные исследования показали, что наилучшие условия взаимодействия токоприемника и контактной подвески постоянного тока при скоростях движения ЭПС 180–200 км/ч при коэффициенте непостоянства эластичности $k_{эл} = 1,1–1,15$ имеют место при стреле провеса 20–30 мм в пролетах длиной 60–70 м. При коэффициенте $k_{эл} = 1,2–1,35$ оптимальная стрела провеса составляет 0,001 от длины средней части пролета, ограниченная ближайшими к опорам простыми струнами, то есть, равна (в указанных пролетах) 40–50 мм.

Расчет эластичности так же можно проводить по следующим формулам:

$$\eta^3 = \frac{\Delta}{P}$$

$$\eta_T = \frac{x(l - c)}{l \cdot F}$$

где Δh_k – величина отжатия КП токоприемником, м; η – эластичность подвески, м/Н; P – величина нажатия токоприемника, Н; l – длина пролета, м; X – расстояние от опоры до точки измерения, м; F – натяжение КП, Н; T – величина натяжения НТ, Н; a – расстояние между струнами, м; R_c – реакция струны; g_k – погонный вес несущего троса, Н/м.

Эластичность в середине межструнового пролета [5]:

$$\eta = \frac{x \cdot (l - c)}{l \cdot (T + \tau)} + \frac{a}{4F},$$

$$\eta = \frac{(P - R_c)}{8 \cdot P g_k F}$$

Средние анкеровки предназначены для локализации места повреждения – обрыва контактного провода на анкерном участке и препятствования перемещению контактных проводов токоприемниками.

Устанавливают их в средней части анкерного участка, классифицируют по типу подвески и числу контактных проводов. В полукompенсированной цепной подвеске с двумя контактными проводами среднюю анкеровку выполняют специальным тросом средней анкеровки 1 из сталемедного или стального провода сечением 35 мм², концы которого крепят к несущему тросу 3 зажимами 2 (рис.3). К контактному проводу его крепят специальным зажимом 5, называемым зажимом средней анкеровки. Крепление троса осуществляют следующим образом: после спуска с несущего троса его закрепляют сначала на одном контактном проводе, потом на другом, а затем снова поднимают на несущий трос и закрепляют на нем.

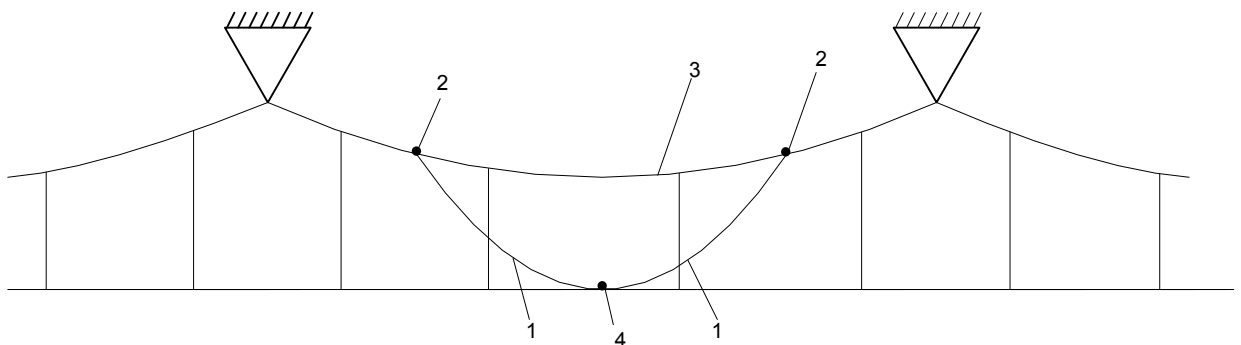


Рис.3. Средняя анкеровка полукompенсированной подвески: 1 — трос средней анкеровки; 2 — соединительный зажим; 3 — несущий трос; 4 — зажим средний

Проектирование деталей контактной сети занимает много времени и требует большой точности расчетов. Сегодня, чтобы испытывать детали на прочность, необходимо выполнять множество вычислений, прибегая к немалому количеству допущений. Для автоматизации таких расчетов существуют специальные CAD/CAE/CAM-системы, которые:

- позволяют повысить долю творческого труда инженера-проектировщика;
- улучшают качество проектной документации;
- совершенствуют управление процессом разработки проектов;
- частично заменяют натурные эксперименты и макетирование моделированием на ЭВМ;
- уменьшают объем испытаний и доводки опытных образцов, снижают временные затраты [6].

Для моделирования деталей контактной сети можно применять системы среднего класса. Рассмотрим программный комплекс SolidWorks.

SolidWorks предназначен для автоматизации работ на этапах конструкторской и технологической подготовки производства изделий любой степени сложности и назначения. Конструкторская подготовка производства включает в себя 3D-проектирование любых изделий (деталей и сборок) с учетом специфики изготовления, создание конструкторской документации в строгом соответствии с ГОСТами, промышленный дизайн, реверсивный инжиниринг, проектирование коммуникаций, инженерный анализ (прочность, устойчивость, теплопередача, частотный анализ, электромагнитные расчеты), экспресс-анализ технологичности на этапе проектирования.

Данный продукт позволяет строить 3D-модели для визуального представления проекта, оформлять чертежи, а самое главное — испытывать эти модели на механическую устойчивость к нагрузкам. К преимуществам можно отнести интуитивно понятный интерфейс, с которым может разобраться каждый пользователь, не прибегая к специальным курсам; простоту проведения расчетов при необходимой точности (достаточно указать коэффициент запаса прочности, и SolidWorks проведет все необходимые расчеты, вплоть до построения эпюр распределения напряжений).

Для испытания прочностных характеристик узлов контактной сети исследования проведем на примере зажима КС-048 (рис. 4), чтобы в дальнейшем можно было сделать выбора материала для изготовления и знать места наиболее подверженные разрушению под нагрузкой всей контактной подвески в целом.

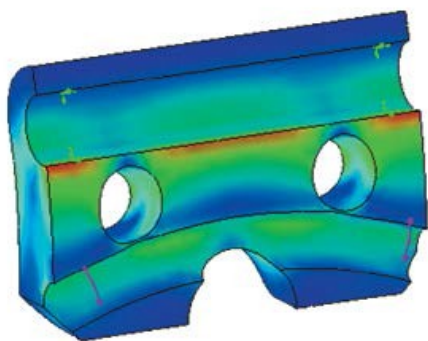


Рис. 4. Результаты испытаний

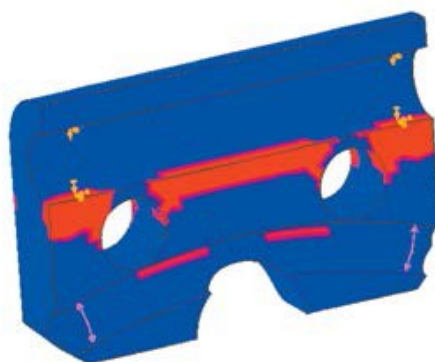


Рис. 5. Результаты испытаний (разрушение детали)

При протекании тока по системе токосъема имеет место закон Джоуля – Ленца, то есть проводящие элементы нагреваются. При нагреве все материалы значительно меняют свои свойства. Это можно учесть при проведении виртуальных испытаний.

Для примера выставим при испытаниях в SolidWorks температуру допустимого перегрева для класса А (105 °С). Напряжения в детали практически распределяются, как и в первом испытании, но по значениям заметно отличаются (рис. 6).

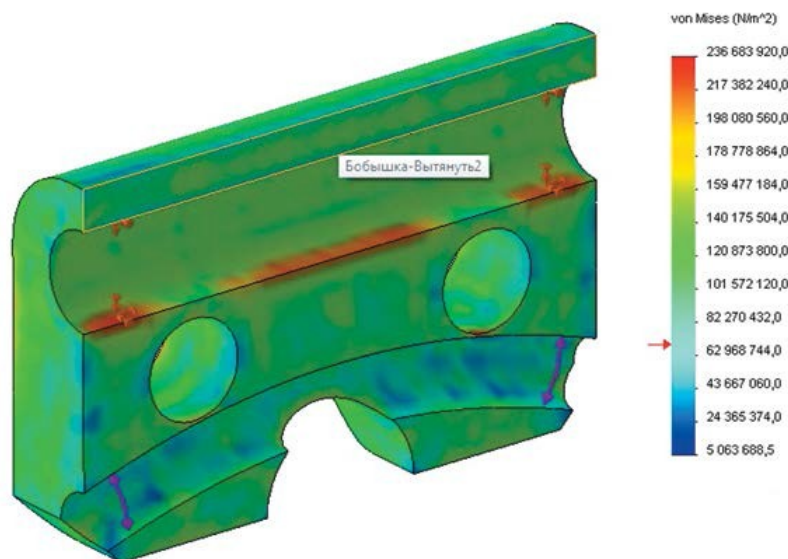


Рис. 6. Результаты испытаний в SolidWorks при заданной температуре

Таким образом, можно проводить анализ различных материалов, форм зажима и прогнозировать его поведение под теми или иными нагрузками при воздействии внешних факторов. Это помогает опробовать новые

конструктивные решения, и провести простейшие испытания не изготавливая опытный образец, и не используя дорогостоящие испытательные лаборатории.

Литература

1. *Троцкий В. А.* Технические требования и стандарты в процессе международной интеграции систем железнодорожного транспорта // Известия Транссиба. – 2012. – № 4. – С. 99–106.

2. *Беляев И.А.* Устройство и обслуживание контактной сети при высокоскоростном движении. М.: Транспорт, 1989. – 144 с.

3. *Боровикова М.С., Ширяев А.В., Ваганова О.И.* Организация высокоскоростного движения на железных дорогах Российской Федерации. М.: Транспорт, 2003 – 30 с.

4. *Иванов В.А, Галкин А.Г., Ковалев А.А., Кудряшов Е.В.* Разработка контактной сети для ВСМ России /Инновационный транспорт. – 2011. – № 1(1). – С. 16-22

5. *Ефимов А.В., Галкин А.Г., Ковалев А.А.* Контактные сети и линии электропередачи // Руководство к лабораторным работам. Екатеринбург: УрГУПС, 2006. – 27 с.

6. *Галкин А. Г., Ковалев А. А., Микава А. В.* Мониторинг инфраструктурного комплекса системы токосяема в процессе эксплуатации // Инновационный транспорт. – 2012. – № 1 (2). – С. 44–48.

7. Официальный русскоязычный сайт программных продуктов SolidWorks. – Электрон. дан. – URL: <http://www.solidworks.ru> (дата обращения: 11.11.2012).

*Ковалев А.А., Честюнин Е.А.,
ГОУ ВПО «Уральский государственный
университет путей сообщения», Екатеринбург*

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Электроэнергетика является важнейшей отраслью любой страны, поскольку ее продукция относится к универсальному виду энергии. Ее легко можно передавать на значительные расстояния, делить на большое количество